

Ảnh hưởng của nồng độ ngâm tẩm natri silicat đến một số tính chất vật lý và cơ học của gỗ Keo lai (*Acacia mangium* x *Acacia auriculiformis*)

Nguyễn Thị Thắm*, Trịnh Hiền Mai, Trần Công Chi,
Phạm Thị Ánh Hồng, Nguyễn Văn Thao, Vũ Thị Thu Hiền
Trường Đại học Lâm nghiệp

Effects of impregnated sodium silicate concentration on some physical and mechanical properties of acacia hybrid (*Acacia mangium* x *Acacia auriculiformis*) wood

Nguyen Thi Tham*, Trinh Hien Mai, Tran Cong Chi,
Pham Thi Anh Hong, Nguyen Van Thao, Vu Thi Thu Hien
Vietnam National University of Forestry
*Corresponding author: Nguyenthitham.hd@gmail.com

<https://doi.org/10.55250/jo.vnuf.12.6.2023.130-138>

TÓM TẮT

Bài viết đánh giá sự ảnh hưởng của nồng độ ngâm tẩm natri silicat (SS) đến một số tính chất vật lý và cơ học của gỗ Keo lai bằng phương pháp ngâm tẩm chân không áp lực. Ngoài ra, cấu trúc hiển vi của các mẫu gỗ đối chứng và gỗ biến tính được kiểm tra bằng kính hiển vi điện tử quét (SEM). Kết quả nghiên cứu cho thấy, tỷ lệ tăng khối lượng (WPG_1) của gỗ Keo lai sau biến tính tăng đến 22,53%. Độ bền uốn tĩnh (MOR) và mô đun đàn hồi uốn tĩnh (MOE) của gỗ được cải thiện đáng kể, lần lượt tăng đến 60,80% và 57,27%. Tuy nhiên, biến tính bằng SS có tỷ lệ rửa trôi hóa chất cao và không có tác dụng tích cực trong việc cải thiện độ ổn định kích thước của gỗ. Mặt khác, gỗ sau khi biến tính có tỷ lệ co rút kích thước cao ở cả hai chiều tiếp tuyến (β_{TT}) và xuyên tâm (β_{XT}). Ở nồng độ ngâm tẩm SS cao nhất (25%), β_{TT} và β_{XT} tương ứng lên đến 23,35% và 11,79%. Sự biến dạng và co lại của các mạch gỗ và vách tế bào gỗ Keo lai sau biến tính được quan sát qua các hình ảnh SEM.

ABSTRACT

The paper assessed the effect of sodium silicate (SS) impregnation concentrations on some physical and mechanical properties of Acacia hybrid wood using the vacuum-pressure impregnation method. Additionally, the microstructure of control- and modified wood samples was examined by scanning electron microscopy (SEM). The research findings showed that the weight percentage gain (WPG_1) of modified Acacia hybrid wood increased up to 22.53%. The modulus of rupture (MOR) and modulus of elasticity (MOE) of modified wood were significantly improved, increasing by 60.80% and 57.27%, respectively. However, the SS modification method exhibited a high leachant and did not positively improve the dimensional stability of wood. On the other hand, the modified wood showed a high shrinkage rate in tangential (β_{TT}) and radial (β_{XT}) directions. At the highest SS concentration (25%), β_{TT} and β_{XT} were up to 23.35% and 11.79%, respectively. The deformation and collapse of vessels and cell walls in modified Acacia hybrid wood were confirmed from the SEM images.

Thông tin chung:

Ngày nhận bài: 08/09/2023
Ngày phản biện: 11/10/2023
Ngày quyết định đăng: 02/11/2023

Từ khóa:

Biến tính gỗ, co rút kích thước, gỗ Keo lai, natri silicat, tỷ lệ rửa trôi hóa chất.

Keywords:

Acacia hybrid wood, dimensional shrinkage, leachant, sodium silicate, Wood modification.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ở Việt Nam, các loài gỗ mọc nhanh rừng trồng như Keo lai (*Acacia mangium* x *Acacia auriculiformis*) đã và đang được đưa vào thực tế sản xuất nhằm thay thế nguồn nguyên liệu đang

thiếu hụt từ gỗ rừng tự nhiên. Tuy nhiên, gỗ rừng trồng thường có tính chất cơ học và vật lý thấp, màu sắc xấu, không đồng đều, dễ bị cong vênh, nứt vỡ... làm cho quá trình gia công chế biến gặp rất nhiều khó khăn, chất lượng gỗ bị

giảm sút, kéo theo chất lượng sản phẩm bị hạn chế, độ thẩm mỹ không cao [1]. Biến tính hóa học gỗ là một lựa chọn hữu hiệu để cải thiện và nâng cao chất lượng gỗ rừng trồng phát triển nhanh [2].

Xử lý gỗ bằng các hợp chất silicon là một phương pháp biến tính hóa học gỗ đã có từ lâu và được quan tâm nghiên cứu trở lại trong những năm gần đây [3-5]. Trong đó, natri silicat (SS còn được gọi là thủy tinh nước) là một silicat kiềm hòa tan được sử dụng phổ biến nhất. Việc sử dụng SS làm tác nhân chính trong quá trình biến tính gỗ có thể cải thiện đáng kể khả năng chống cháy, chống nấm mục, tính ổn định kích thước của gỗ [6, 7] và phương pháp này đã được cấp bằng sáng chế [8].

SS có thể được sử dụng đơn lẻ hoặc kết hợp với các dung dịch muối kim loại như nhôm sunfat, canxi clorua, bari clorua, axit boric, borax, boron trioxide, kali borat và amoni borat... tạo ra kết tủa bên trong kết cấu gỗ [9, 10]. Phương pháp xử lý này có tỷ lệ WPG tăng cao do silicat được tìm thấy chủ yếu lắng đọng trong ruột tế bào gỗ. Tuy nhiên, silicat và muối kim loại có tính hút ẩm cao dẫn đến việc hóa chất bị lọc ra khỏi các mẫu gỗ trong môi trường ẩm ướt, làm giảm đáng kể WPG. Furuno và cộng sự (1992) đã chứng minh rằng, nhược điểm này có thể được khắc phục một phần bằng cách ngâm các mẫu thử trong axit axetic 5% sau khi ngâm tẩm SS và trước khi làm thí nghiệm rửa trôi hóa chất. Kết quả còn cho thấy ASE có giá trị dương từ 3% đến 69% mặc dù mẫu gỗ thí nghiệm khá nhỏ [11]. Pereyra và Giudice (2009) cũng chỉ ra rằng, việc xử lý gỗ bằng SS, sau đó bằng axit và cuối cùng bằng cation dẫn đến sự hình thành một polyme silicat kim loại có độ hòa tan trong nước thấp, hạn chế được sự rửa trôi hóa chất ngâm tẩm khi tiếp xúc với nước [12]. Chen và cộng sự (2014) đã sử dụng hỗn hợp methylol-urea và SS để ngâm tẩm gỗ Dương (*Populus euramericana*), gỗ sau khi được xử lý có độ bền cơ học cao hơn và khả năng hút ẩm giảm xuống [13].

Bên cạnh đó, nhiều loại nhựa khác nhau như glyoxal-urea, urea-formaldehyde, melamine formaldehyde... đã được áp dụng kết hợp với SS để xử lý gỗ thông qua một quy trình chủ yếu dựa trên cơ chế bao bọc vật lý của nhựa trùng hợp

trong cấu trúc gỗ [14, 15]. Các phương pháp xử lý kết hợp cho thấy hiệu quả đáng kể trong việc cố định các hợp chất vô cơ [16]. Song gỗ được xử lý bằng nhựa melamine formaldehyde và phenol formaldehyde khó ứng dụng rộng rãi vào sản xuất vì giá thành tương đối cao [16]. Gần đây, Zhang và cộng sự (2021) đã biến tính gỗ Linh sam (Trung Quốc) bằng hỗn hợp SS/Magie clorua. Kết quả cho thấy tỷ lệ rửa trôi hóa chất SS đã giảm và các tính chất vật lý và cơ học của gỗ biến tính được tăng lên [10].

Tại Việt Nam, các công trình nghiên cứu biến tính gỗ bằng SS còn khá ít và mới chỉ dừng lại ở việc sử dụng đơn lẻ SS hoặc SS/hợp chất boron để giải quyết những vấn đề liên quan đến chống cháy và bảo quản gỗ. Mặt khác, một số tính chất cơ học và vật lý của gỗ được biến tính bằng SS vẫn chưa được báo cáo đầy đủ. Các dữ liệu thực nghiệm liên quan đến thí nghiệm xác định tỷ lệ rửa trôi hóa chất SS ra khỏi gỗ hầu như không được công bố. Do đó, nghiên cứu này được thực hiện nhằm xem xét lại hiệu quả của việc xử lý biến tính gỗ bằng SS. Mục tiêu cụ thể là xác định ảnh hưởng của nồng độ SS đến một số chỉ tiêu tính chất vật lý và cơ học của gỗ Keo lai sau biến tính.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu và thiết bị, dụng cụ nghiên cứu

* Vật liệu nghiên cứu

Gỗ Keo lai (*Acacia mangium* x *Acacia auriculiformis*) 9 tuổi, khai thác tại Ba Vì - Hà Nội. Các thông tin về kích thước mẫu gỗ, số lượng mẫu lặp lại trong thí nghiệm, các tiêu chuẩn và phương pháp kiểm tra được trình bày như Bảng 1. Hóa chất dùng để biến tính gỗ là natri silicat ($\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$, tỷ lệ mol $\text{Na}_2\text{O}/\text{SiO}_2$: 1,03/0,03) có dạng bột màu trắng, hòa tan trong nước và được sản xuất tại Nhà máy hóa chất Fuchen (Thiên Tân, Trung Quốc).

* Thiết bị, dụng cụ nghiên cứu

Nghiên cứu sử dụng bồn ngâm tẩm chân không áp lực (Áp suất chân không tối đa: -0,1 MPa; Áp lực lớn nhất: 1,4 MPa) như Hình 1 và các thiết bị khác như: Cân điện tử BL210S-Startorius (độ chính xác $\pm 0,0001$ g); Máy đo kích thước (độ chính xác $\pm 0,0001$ mm); Tủ sấy điện tử Wagner (độ chính xác $\pm 0,1^\circ\text{C}$); Tủ bảo ôn TH-G180; Máy thử tính chất cơ lý MTS; Kính hiển vi điện tử quét FEI Quanta 200...

Bảng 1. Kích thước và số lượng mẫu kiểm tra một số tính chất vật lý và cơ học gỗ Keo lai

TT	Chỉ tiêu kiểm tra	Tên tiêu chuẩn/ phương pháp kiểm tra	Kích thước mẫu (DT x TT x XT) (mm)	Số lượng (mẫu/chế độ)
1	Tỷ lệ tăng khối lượng (WPG)	Theo tài liệu số [2]	10 × 20 × 20	10
2	Tỷ lệ rửa trôi hóa chất (L)	EN 84:1997	10 × 20 × 20	10
3	Tỷ lệ co rút kích thước	Theo tài liệu số [17]	10 × 20 × 20	10
4	Hệ số chống trương nở (ASE)	Theo tài liệu số [2]	10 × 20 × 20	10
5	Độ bền uốn tĩnh (MOR) và mô đun đàn hồi uốn tĩnh (MOE)	DIN 52186 (1978)	180 × 10 × 10	10
6	Sự thay đổi cấu trúc hiển vi	Kính hiển vi điện tử quét	3 × 5 × 5	01



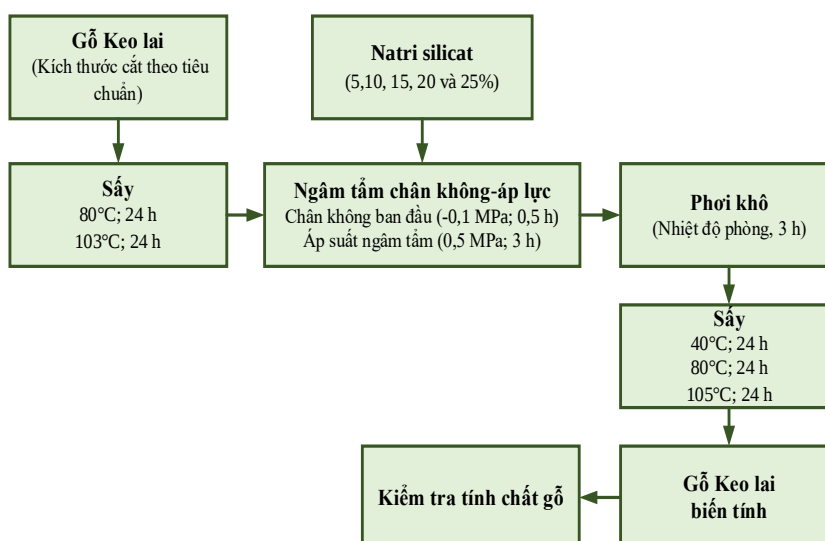
Hình 1. Thiết bị ngâm tẩm chân không áp lực và mẫu gỗ Keo lai dùng để biến tính

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Để đánh giá ảnh hưởng của nồng độ ngâm tẩm SS đến một số tính chất vật lý và cơ học gỗ Keo lai, nghiên cứu đã tiến hành biến tính gỗ Keo lai bằng phương pháp ngâm tẩm chân không áp lực (Chân không ban đầu: -0,1 MPa; 0,5 h; Áp suất ngâm tẩm: 0,5 MPa; 3 h) với 5 mức nồng độ ngâm tẩm SS: 5, 10, 15, 20 và 25% theo quy trình như Hình 2. Sau đó, tiến hành

kiểm tra chất lượng gỗ sau khi biến tính dựa trên các tiêu chuẩn EN, DIN và một số tài liệu liên quan khác (Bảng 1). Cấu trúc hiển vi của các mẫu gỗ đối chứng và gỗ biến tính được kiểm tra bằng kính hiển vi điện tử quét (SEM).

Trước khi kiểm tra tính chất cơ học, các mẫu gỗ được đặt ổn định trong tủ bảo ôn ở điều kiện $20 \pm 2^\circ\text{C}$ và $65 \pm 2\%$ RH khoảng 2 tuần.



Hình 2. Quy trình thực nghiệm biến tính ngâm tẩm gỗ Keo lai bằng SS

Một số tính chất vật lý và cơ học của gỗ trong thí nghiệm kiểm tra được xác định như sau:

Tỷ lệ tăng khối lượng (WPG) của gỗ:

- Tỷ lệ tăng khối lượng của mẫu gỗ sau khi biến tính (WPG₁) được xác định theo công thức sau:

$$WPG_1 (\%) = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100 \quad (1)$$

Trong đó:

W₁ và W₂ lần lượt là khối lượng mẫu gỗ khô kiệt trước và sau khi biến tính (g).

- Tỷ lệ tăng khối lượng của mẫu gỗ sau thí nghiệm rửa trôi hóa chất (WPG₂) được xác định theo công thức sau:

$$WPG_2 (\%) = \frac{W_3 - W_1}{W_1} \times 100 \quad (2)$$

Trong đó:

W₁ và W₃ lần lượt là khối lượng mẫu gỗ khô kiệt trước biến tính và sau thí nghiệm rửa trôi hóa chất (g).

Tỷ lệ rửa trôi hóa chất (Leachant - L) của gỗ sau khi biến tính:

$$L (\%) = \frac{W_t - W_s}{W_t} \times 100 \quad (3)$$

Trong đó:

W_t và W_s lần lượt là khối lượng khô kiệt của mẫu gỗ biến tính trước và sau thí nghiệm rửa trôi hóa chất (g).

Tỷ lệ co rút kích thước của gỗ sau khi biến tính:

Tỷ lệ co rút kích thước (%) theo ba chiều được xác định dựa trên kích thước sấy khô ban đầu (trước khi biến tính) của mẫu thử và lần lượt được xác định theo công thức sau:

$$\text{Tỷ lệ co rút dọc thớ } (\beta_{DT}) = \frac{L_2 - L_1}{L_1} \times 100\% \quad (4)$$

$$\text{Tỷ lệ co rút tiếp tuyến } (\beta_{TT}) = \frac{T_2 - T_1}{T_1} \times 100\% \quad (5)$$

$$\text{Tỷ lệ co rút xuyên tâm } (\beta_{XT}) = \frac{R_2 - R_1}{R_1} \times 100\% \quad (6)$$

Trong đó:

L₁, T₁, R₁ và L₂, T₂, R₂ lần lượt là kích thước ba chiều (L - chiều dọc thớ; T - chiều tiếp tuyến; R - chiều xuyên tâm) của mẫu gỗ trước và sau

khi biến tính (mm).

Hệ số chống trương nở (ASE) của gỗ:

$$ASE (\%) = \frac{S_{dc} - S_{bt}}{S_{dc}} \times 100 \quad (7)$$

Trong đó:

S_{dc} và S_{bt} lần lượt là tỷ lệ trương nở của gỗ đối chứng và sau khi biến tính (%). Tỷ lệ trương nở (S) của mẫu gỗ sau khi ngâm nước được tính theo công thức:

$$S (\%) = \frac{V_2 - V_1}{V_1} \times 100 \quad (8)$$

Trong đó:

V₁ và V₂ lần lượt là thể tích của mẫu gỗ được sấy khô kiệt trước khi ngâm nước và sau khi ngâm nước 14 ngày (mm³).

Độ bền uốn tĩnh (MOR) và mô đun đàn hồi uốn tĩnh (MOE):

$$MOR (MPa) = \frac{3P_{max} \cdot L}{2b \cdot t^2} \quad (9)$$

$$MOE (MPa) = \frac{P \cdot L^3}{4f \cdot b \cdot t^3} \quad (10)$$

Trong đó:

P_{max} là lực phá hủy mẫu (N);

L là khoảng cách giữa 2 gối đỡ (mm);

b, t lần lượt là chiều rộng, chiều dày mẫu gỗ (mm);

f là độ võng của mẫu gỗ (mm).

Cấu trúc hiển vi của gỗ:

Cấu trúc hiển vi trên mặt cắt ngang của các mẫu gỗ đối chứng và gỗ biến tính được kiểm tra bằng kính hiển vi điện tử quét (FEI Quanta 200 SEM, Hà Lan) ở điện áp gia tốc 5-10 kV. Các mẫu gỗ được cắt thành mẫu nhỏ có kích thước DT x TT x XT = 3 x 5 x 5 (mm) bằng lưỡi dao cắt tiêu bản. Trước khi quan sát dưới kính hiển vi, các mẫu gỗ được cố định trên một đế kim loại, sau đó được sấy khô và phủ một lớp vàng mỏng (~20 nm).

Phương pháp xử lý số liệu: Số liệu sau khi thu thập được xử lý thống kê bằng phần mềm Microsoft Excel và biểu đồ tương quan được vẽ bằng phần mềm OriginPro 8.5.

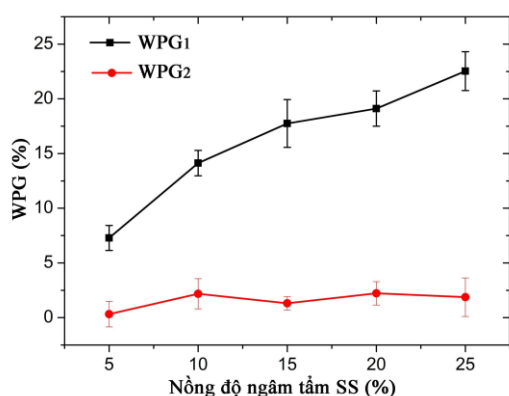
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Tỷ lệ tăng khối lượng (WPG) của gỗ

Tỷ lệ tăng khối lượng (WPG) của gỗ được sử dụng để đánh giá lượng SS tích tụ trong gỗ sau khi biến tính. Kết quả kiểm tra WPG₁ của gỗ Keo lai sau biến tính với các nồng độ SS khác nhau và WPG₂ sau thí nghiệm rửa trôi được thể hiện như Hình 3. Kết quả cho thấy, khối lượng mẫu gỗ sau khi biến tính có xu hướng tăng lên đáng kể so với trước khi xử lý. Mức độ tăng khối lượng tỷ lệ thuận với nồng độ hóa chất SS được đưa vào trong gỗ, nồng độ ngâm tẩm SS càng tăng thì WPG₁ càng cao, trị số WPG₁ tăng từ 7,28 - 22,53%. Nguyên nhân là do dưới áp lực ngâm tẩm, SS được khuếch tán vào bên trong gỗ, tích tụ lại ở mạch gỗ, ruột tế bào và các khoảng trống trong vách tế bào gỗ. Trong quá trình sấy, dưới tác động của nhiệt độ cao, dung dịch SS có thể silicat hóa trong cấu trúc gỗ làm cho khối lượng của mẫu gỗ tăng lên. Sau thí nghiệm rửa trôi hóa chất, WPG₂ của mẫu gỗ biến tính còn lại lần lượt là: 0,32; 2,18; 1,31; 2,22 và 1,87%, chứng tỏ một lượng lớn SS đã bị lọc ra khỏi gỗ.

3.2. Tỷ lệ rửa trôi hóa chất (L) sau khi biến tính

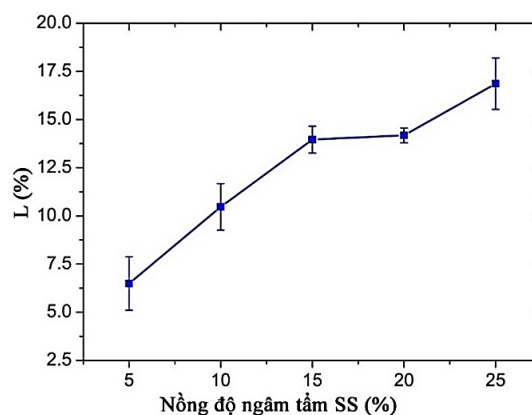
Để đánh giá hiệu quả cố định SS trong gỗ Keo lai sau biến tính, trong nghiên cứu đã tiến hành tính toán xác định tỷ lệ rửa trôi hóa chất (Leachant - L) của mẫu gỗ sau khi ngâm nước 14 ngày theo công thức 3 (Mục 2.2). Kết quả thí



Hình 3. Tỷ lệ tăng khối lượng của gỗ Keo lai sau khi ngâm tẩm với các nồng độ SS khác nhau (WPG₁) và sau thí nghiệm rửa trôi hóa chất (WPG₂)

nghiệm kiểm tra tỷ lệ rửa trôi hóa chất ở các nồng độ ngâm tẩm SS khác nhau được trình bày ở Hình 4.

Kết quả cho thấy ở nồng độ SS 5%, lượng hóa chất ở trong gỗ bắt đầu bị rửa trôi nhưng mức độ không nhiều, chỉ dao động khoảng 6,49%. Khi nồng độ ngâm tẩm SS tăng lên, các giá trị L cũng tăng lên. Ở nồng độ cao nhất SS 25%, giá trị L của gỗ tăng lên đến 16,86% nên lượng hóa chất còn lại trong gỗ là rất ít, một số mẫu hầu như không còn SS tích tụ trong gỗ (khối lượng mẫu gỗ sau 14 ngày ngâm nước có giá trị bằng 0 hoặc âm). Nguyên nhân có thể là do SS có độ hòa tan trong nước cao vì nó có tính kiềm mạnh, dễ dàng tạo thành nhóm silanolate anion trong đó các hạt silicon được gắn vào các nhóm hydroxyl. Lượng hóa chất bị lọc ra khỏi gỗ có thể bao gồm việc loại bỏ các chất chiết xuất và một phần nhỏ polysacarit bị phân hủy sau khi biến tính gỗ bằng dung dịch SS có giá trị pH cao. Kết quả tương tự với kết quả của Furuno và cộng sự (1992), các tác giả đã phát hiện ra rằng một lượng SS đáng kể đã bị rửa sạch khỏi các mẫu gỗ biến tính khi kết thúc các thí nghiệm rửa trôi hóa chất [11]. Như vậy, có thể thấy rằng gỗ được xử lý bằng SS có tỷ lệ rửa trôi hóa chất tương đối cao nên không phù hợp cho các ứng dụng ngoài trời và nơi có độ ẩm cao.

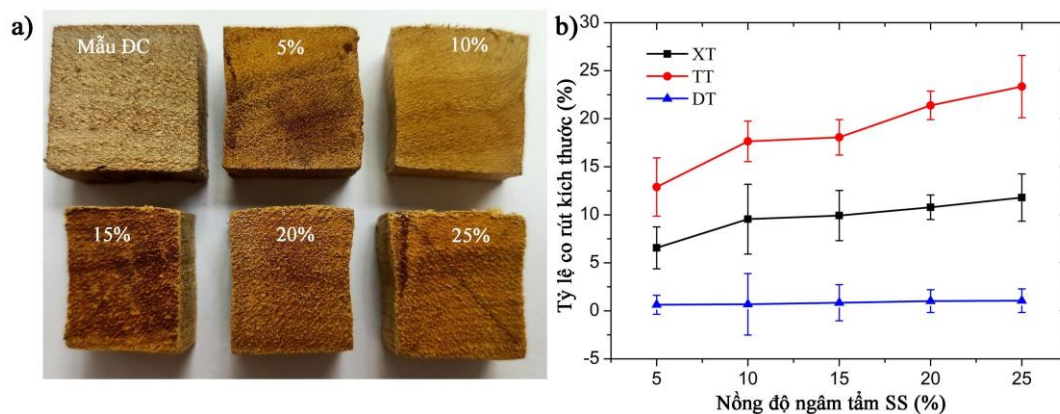


Hình 4. Tỷ lệ rửa trôi hóa chất (L) của gỗ Keo lai sau khi ngâm tẩm với các nồng độ SS khác nhau

3.3. Tỷ lệ co rút kích thước của gỗ sau khi biến tính

Hình dáng ngoại quan của mẫu gỗ đối chứng và gỗ Keo lai sau biến tính với nồng độ SS khác nhau được trình bày trong Hình 5a. Khi nồng độ ngâm tẩm SS tăng từ 5 - 25%, tỷ lệ co rút kích thước β_{TT} và β_{XT} của gỗ Keo lai tăng lần lượt từ 12,89 - 23,35% và 6,56 - 11,79% so với mẫu trước khi biến tính (Hình 5b). Tuy nhiên, β_{DT} ở hầu hết các trường hợp là không đáng kể (lớn nhất chỉ 1,06%). β_{TT} lớn hơn nhiều so với β_{XT} có thể là do sự khác biệt về thành phần hoá học

ở cả hai trong tế bào sclerenchyma [18]. Cụ thể, có nhiều lignin trong vách tế bào chiều xuyên tâm hơn so với chiều tiếp tuyến, do đó tính nhạy cảm của chúng đối với sự phân hủy hóa học nhỏ hơn, dẫn đến sự khác biệt trong việc giảm kích thước theo cả hai chiều [19]. Sự co rút ngang theo cả hai chiều cũng có mối liên hệ lớn với sự phân hủy hóa học của tất cả các thành phần cấu tạo gỗ. Đây có thể là kết quả của sự xuống cấp của các thành phần cấu tạo gỗ (hemicellulose, lignin) ở điều kiện ngâm tẩm SS có độ pH cao và nhiệt độ cao trong quá trình sấy.

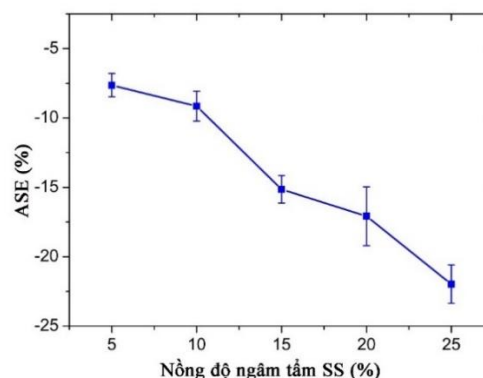


Hình 5. Hình dáng ngoại quan (a) và tỷ lệ co rút kích thước (b) của gỗ Keo lai sau khi ngâm tẩm với các nồng độ SS khác nhau

3.4. Hệ số chống trương nở (ASE)

Hệ số chống trương nở (ASE) của gỗ sau khi ngâm nước 14 ngày được trình bày như Hình 6. Kết quả cho thấy, các giá trị ASE của mẫu gỗ biến tính mang giá trị âm và giảm dần khi tăng nồng độ ngâm tẩm SS, giảm từ -7,64% đến -21,98%. Do

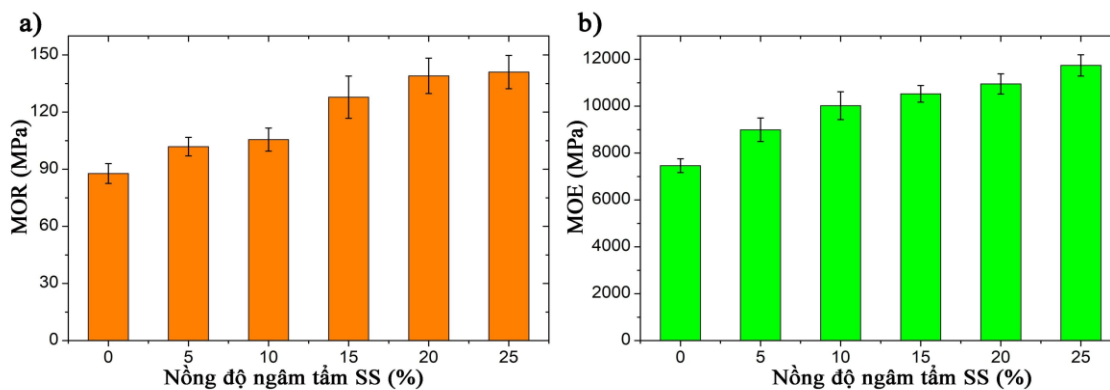
đó, xử lý biến tính bằng SS không cải thiện được độ ổn định kích thước của gỗ sau khi ngâm nước. Sự xuống cấp của vách tế bào diễn ra nghiêm trọng, điều này chủ yếu được giải thích là do độ pH cao của dung dịch SS xử lý.



Hình 6. Hệ số chống trương nở (ASE) của gỗ Keo lai sau khi ngâm tẩm với các nồng độ SS khác nhau

3.5. Độ bền uốn tĩnh (MOR) và mô đun đàn hồi uốn tĩnh (MOE) của gỗ

Kết quả kiểm tra độ bền uốn tĩnh (MOR) và mô đun đàn hồi uốn tĩnh (MOE) của mẫu gỗ được thể hiện trên Hình 7.



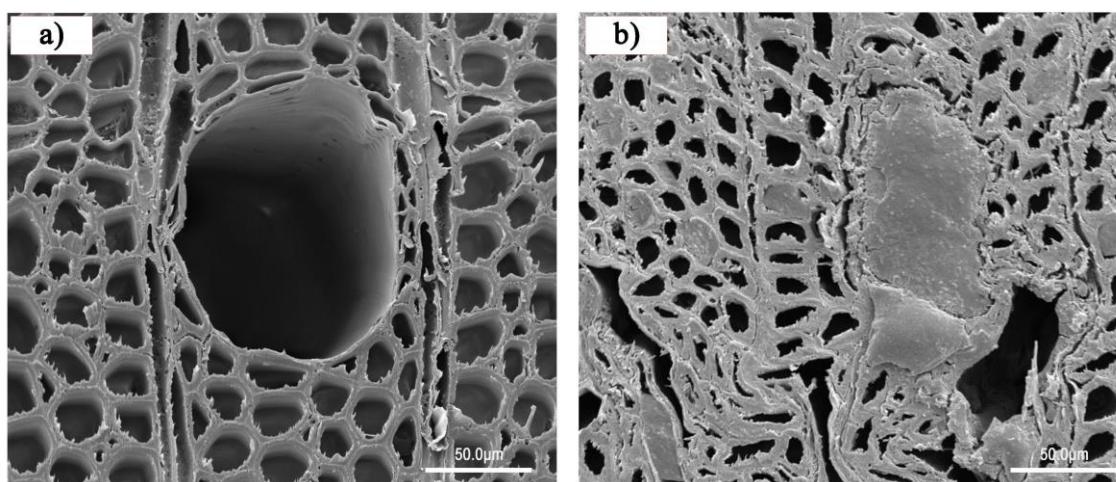
Hình 7. Độ bền uốn tĩnh (a, MOR) và mô đun đàn hồi uốn tĩnh (b, MOE) của gỗ Keo lai sau khi ngâm tẩm với các nồng độ SS khác nhau

Gỗ Keo lai sau khi biến tính có MOR và MOE tăng lên rõ rệt và tỉ lệ thuận với nồng độ ngâm tẩm SS. Nồng độ ngâm tẩm SS càng cao, cường độ chịu uốn của gỗ càng tăng lên, trị số MOE, MOR lần lượt tăng từ 16,15 - 60,80% và 20,47 - 57,27%. Khi gỗ được ngâm tẩm với SS ở nồng độ 25%, lượng hóa chất được khuếch tán và tích tụ lại ở trong gỗ tăng khá nhiều nên MOR và MOE đạt giá trị cao nhất lần lượt là $141,02 \pm 8,74$ MPa và $11.740,56 \pm 454,70$ MPa. Sự tích tụ của SS trong cấu trúc gỗ đã tạo nên thay đổi này. Khối lượng thể tích và tính chất cơ

học của gỗ có mối quan hệ chặt chẽ với nhau nên khi WPG tăng, khối lượng thể tích tăng lên có thể làm tăng khả năng chịu lực của gỗ.

3.6. Cấu trúc hiển vi của gỗ

Các hình ảnh SEM cung cấp một cái nhìn rõ ràng về cấu trúc hiển vi trên mặt cắt ngang của gỗ Keo lai trước và sau khi biến tính (Hình 8). Với mẫu gỗ đối chứng, ảnh SEM cho thấy, các lỗ mạch và tế bào gỗ Keo lai đều rộng (Hình 8a). Sau khi ngâm tẩm SS, các mạch gỗ và ruột tế bào gỗ được tích tụ và lấp đầy hoàn toàn hoặc một phần bằng hóa chất SS (Hình 8b).



Hình 8. Cấu trúc hiển vi trên mặt cắt ngang của mẫu gỗ đối chứng (a, 500×) và gỗ Keo lai sau khi biến tính ngâm tẩm với nồng độ SS 25% (b, 500×)

Kết quả cũng cho thấy, biến tính bằng SS đã làm thay đổi rõ rệt cấu trúc vi mô của gỗ Keo lai (Hình 8b). Sau biến tính, vách tế bào gỗ Keo lai

bị biến dạng và co lại nhiều hơn khi nồng độ SS tăng. Nguyên nhân chính của hiện tượng này có thể là do sự hòa tan một phần hemicellulose và

lignin từ vách tế bào trong dung dịch SS có độ pH cao, làm cho các liên kết giữa các cellulose bị lỏng lẻo, vách tế bào dễ bị biến dạng nhưng không bị đứt gãy (Hình 8b). Kết quả này tương tự như nghiên cứu trước đây của Kollmann và Sachs (1967), họ đã tìm thấy các đặc tính tương tự ở gỗ Dương khi xử lý bằng dung dịch kiềm [20].

4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu cho thấy, một số tính chất vật lý và cơ học của gỗ Keo lai đã có sự thay đổi đáng kể sau khi ngâm tẩm với các nồng độ SS khác nhau:

- Trong miền khảo sát thực nghiệm, WPG₁ của gỗ tương đối cao (7,28% - 22,53%) và tăng tỷ lệ thuận theo các mức nồng độ ngâm tẩm SS.

- Độ bền uốn tĩnh và mô đun đàn hồi uốn tĩnh cũng thay đổi rõ rệt tùy vào mức nồng độ SS được ngâm tẩm. Cụ thể, MOR và MOE đều có xu hướng tăng so với mẫu đối chứng, lần lượt tăng từ 16,15 – 60,80% và 20,47 – 57,27%.

- ASE có giá trị âm nên SS không có tác dụng tích cực trong việc nâng cao tính ổn định kích thước của gỗ Keo lai. Ngoài ra, tỷ lệ co rút kích thước và L của gỗ cũng tăng khi nồng độ ngâm tẩm SS tăng; hình ảnh SEM cho thấy các mạch gỗ và vách tế bào gỗ cũng bị biến dạng và co lại nhiều hơn.

- Khuyến nghị: Mặc dù có những hạn chế nhất định như trên song biến tính ngâm tẩm gỗ Keo lai bằng SS có WPG₁, MOR và MOE được cải thiện đáng kể. Vì vậy, phương pháp biến tính này có tiềm năng ứng dụng để nâng cao chất lượng gỗ Keo lai và các loài gỗ rừng trồng khác, tuy nhiên cần chú ý khi sử dụng cho các ứng dụng ngoài trời và nơi có độ ẩm cao. Những nhược điểm của phương pháp này cần phải được khắc phục và các đặc tính quan trọng khác của gỗ Keo lai biến tính cũng cần được nghiên cứu thêm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Robert J Ross (2010). Wood handbook: wood as an engineering material. USDA Forest Service, Forest Products Laboratory, General Technical Report FPL-

GTR-190. 16-55.

[2]. Callum AS Hill (2007). Wood modification: chemical, thermal and other processes. John Wiley & Sons, England. 149-173.

[3]. Thi Tham Nguyen, Zefang Xiao, Wenbo Che, Hien Mai Trinh & Yanjun Xie (2019). Effects of modification with a combination of styrene-acrylic copolymer dispersion and sodium silicate on the mechanical properties of wood. Journal of Wood Science. 65(1): 1-11.

[4]. Carmen-Mihaela Popescu & Alexander Pfriem (2020). Treatments and modification to improve the reaction to fire of wood and wood based products—An overview. Fire and Materials. 44(1): 100-111.

[5]. Magdalena Broda & Nayomi Z Plaza (2023). Durability of model degraded wood treated with organosilicon compounds against fungal decay. International Biodeterioration & Biodegradation. 178: 105562.

[6]. T Furuno, T Uehara & S Jodai (1993). Combinations of wood and silicate, 3: Some properties of wood-mineral composites using the water glass-boron compound system. Journal of the Japan Wood Research Society (Japan). 39: 561-570.

[7]. Bingbin Kuai, Ziheng Wang, Jingshu Gao, Jiewei Tong, Tianyi Zhan, Yaoli Zhang, Jianxiong Lu & Liping Cai (2022). Development of densified wood with high strength and excellent dimensional stability by impregnating delignified poplar by sodium silicate. Construction and Building Materials. 344: 128282.

[8]. Leszek Kiliman (2007). Process of using sodium silicate to create fire retardant. JUSTIA Patents, 7297411.

[9]. Carsten Mai & Holger Militz (2004). Modification of wood with silicon compounds. Inorganic silicon compounds and sol-gel systems: a review. Wood Science and Technology. 37: 339-348.

[10]. Yuan Zhang, Xiaoqian Bi, Ping Li, Yiqiang Wu, Guangming Yuan, Xianjun Li & Yingfeng Zuo (2021). Sodium silicate/magnesium chloride compound-modified Chinese fir wood. Wood Science and Technology. 55: 1781-1794.

[11]. T Furuno, Kenta Shimada, T Uehara & S Jodai (1992). Combination of wood and silicate, 2: wood-mineral composites using water glass and reactants of barium chloride, boric acid, and borax, and their properties. Journal of the Japan Wood Research Society (Japan). 38: 448-457.

[12]. Andrea M Pereyra & Carlos A Giudice (2009). Flame-retardant impregnants for woods based on alkaline silicates. Fire Safety Journal. 44(4): 497-503.

[13]. Heyu Chen, Qian Lang, Zeng Bi, Xinwei Miao,

Yu Li & Junwen Pu (2014). Impregnation of poplar wood (*Populus euramericana*) with methylolurea and sodium silicate sol and induction of in-situ gel polymerization by heating. *Holzforschung*. 68(1): 45-52.

[14]. Ankita Hazarika & Tarun K Maji (2014). Properties of softwood polymer composites impregnated with nanoparticles and melamine formaldehyde furfuryl alcohol copolymer. *Polymer Engineering & Science*. 54(5): 1019-1029.

[15]. Arnaud Maxime Cheumani Yona, Jure Žigon, Pavlič Matjaž & Marko Petrič (2021). Potentials of silicate-based formulations for wood protection and improvement of mechanical properties: A review. *Wood Science and Technology*. 55(4): 887-918.

[16]. Fei Wang, Junliang Liu & Wenhua Lv (2017). Thermal degradation and fire performance of wood treated with PMUF resin and boron compounds. *Fire and Materials*. 41(8): 1051-1057.

[17]. Marcos M González-Peña, Simon F Curling & Michael DC Hale (2009). On the effect of heat on the chemical composition and dimensions of thermally-modified wood. *Polymer degradation and stability*. 94(12): 2184-2193.

[18]. Gilles Pilate, Brigitte Chabbert, Bernard Cathala, Arata Yoshinaga, Jean-Charles Leplé, Françoise Laurans, Catherine Lapierre & Katia Ruel (2004). Lignification and tension wood. *Comptes rendus biologies*. 327(9-10): 889-901.

[19]. Sara Florisson, Johan Vessby & Sigurdur Ormarsson (2021). A three-dimensional numerical analysis of moisture flow in wood and of the wood's hygro-mechanical and visco-elastic behaviour. *Wood Science and Technology*. 55: 1269-1304.

[20]. FFP Kollmann & IB Sachs (1967). The effects of elevated temperature on certain wood cells. *Wood Science and Technology*. 1(1): 14-25.